

実 PC 桁の有効プレストレスの算出に関する解析的検討

富山県立大学

北電技術コンサルタント (株)

○小林 勇佑 (学生会員)

西野 哲史

伊藤 始 (正会員)

真田 裕行

1. はじめに

我が国では、高度経済成長を背景に多数のコンクリート構造物が建設され、その代表的なもののひとつに橋梁がある。PC 橋はコンクリートにプレストレスを導入し、引張応力度とひび割れを制御した構造である。そのため、既存の PC 橋の構造性能を精度よく評価するためには、コンクリートの現有の有効プレストレスを考慮することが重要である。この有効プレストレスを測定する技術として、応力解放法が実構造物に用いられており、計測された解放ひずみから算定式¹⁾を用いて有効プレストレスや PC 鋼材応力を算定している。

本研究では、PC 橋に対してコア削孔で得られた解放ひずみから有効プレストレスを算出する手法として、図-1 のように両者を結ぶことを検討した。構造解析により、橋梁内の多様な情報の取得や算定精度の向上が図られると考えている。検討では、塩害により撤去した実 PC 桁を対象に、コンクリートひずみ分布や PC 鋼材ひずみと解放ひずみの関係を提示した。

2. PC 桁の概要

対象とした PC 桁は北陸自動車道で 25 年間供用され、塩害により損傷し撤去された T 型桁である。PC 桁は、図-2 に示すように、高さ 1.0m、幅 1.3m、桁長 17.9m を持ち、 $12\phi 7\text{mm}$ の PC 鋼線 5 本が配置された構造である。なお、図-2 は、解析のためにハンチ部を長方形に単純化したものである。また、コンクリートと PC 鋼材の強度試験²⁾を行っており、表-1 のように強度物性値が得られている。

3. 解析方法

数値解析は、3 次元非線形有限要素解析プログラム ATENA を使用した。解析モデルは、桁の対称性を考慮し、図-3 に示すように PC 桁の断面変化を与えた 2 分の 1 モデルとした。PC 鋼材は、埋込み鉄筋要素でモデル化を行い、曲げ上げを考慮して設定した。コンクリートと鉄筋の付着は完全付着とした。PC 鋼材の緊張は PC 鋼材にひずみを与えることで表現し、また、PC 鋼材の緊張応力を変化させた解析も実施した。

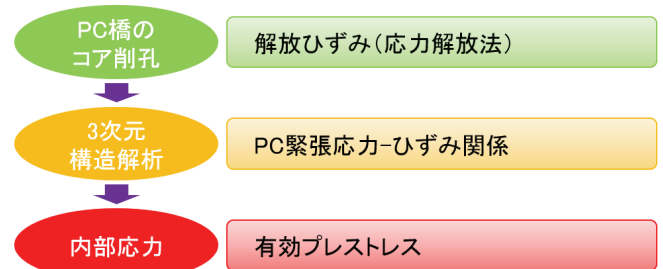


図-1 本研究での検討事項

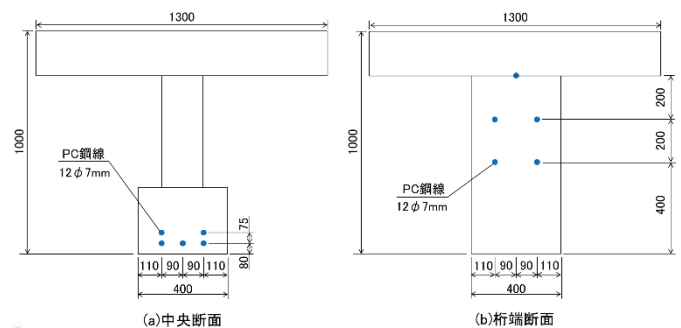


図-2 PC 桁の形状寸法 (単位:mm)

表-1 強度物性値

	項目	単位	数値
コンクリート	ヤング係数	N/mm ²	32000
	圧縮強度	N/mm ²	55.0
PC 鋼材	ヤング係数	N/mm ²	200000
	降伏強度	N/mm ²	1504
	引張強度	N/mm ²	1686
	緊張応力	N/mm ²	856

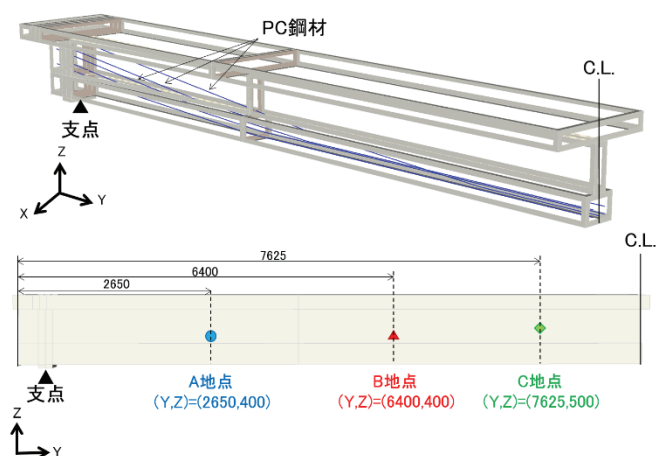


図-3 解析モデル

4. 解析結果

(1) PC 桁の橋軸方向のひずみ分布

コンクリートの橋軸方向のひずみの解析結果を図-4に示す。図中のひずみは、引張を正としている。ひずみは、床版付近にはほぼ発生せず、ウェブでは $-60\sim-240\mu\text{m}/\text{m}$ ほどの圧縮ひずみ、支間中央付近の桁下縁側では、 $-300\sim-350\mu\text{m}/\text{m}$ ほどの圧縮ひずみが発生している。支間中央付近の桁下縁側で大きなひずみが生じているのは、自重や荷重に対する引張応力に対して、コンクリートが抵抗するように設計されていることを再現している。また、解析で得られたひずみに、コンクリートのヤング係数を乗じ、設計プレストレスによる応力度を算出すると、ウェブで $6.4\text{N}/\text{mm}^2$ ほど、桁下縁で $11.2\text{N}/\text{mm}^2$ ほどとなり文献の値²⁾と概ね一致することが確認できた。

(2) PC 桁のコンクリート表面と内部のひずみ

従来の応力解放法の多くでは、ひずみ計測をコンクリート表面のひずみゲージにより実施している¹⁾。本研究では、PC 桁の内部におけるひずみを把握することによって有効プレストレス等を算出し精度の向上を図ることを検討している³⁾。そこで、桁の表面部と内部のひずみを把握するために、解析モデルのウェブの部分に対して、図-3のA地点からC地点を定め、ウェブ中心部とその表面部におけるコンクリートの橋軸方向のひずみを確認した。A地点におけるウェブの中心部におけるひずみは $-187.6\mu\text{m}/\text{m}$ で、同様に表面部は $-187.4\mu\text{m}/\text{m}$ であり、大きな違いは確認できず、B地点、C地点も同様な傾向を示した。今後、乾燥収縮やクリープ、PC 緊張応力の偏りも含めて、表面と内部のひずみ差を検討する。

(3) PC 緊張応力とひずみとの関係

コア削孔で得られた解放ひずみと有効プレストレスを構造解析で結ぶことを検討するため、PC 鋼材の緊張応力を変化させるパラメータ解析を行った。PC 緊張応力と図-3のA～C地点のコンクリートの橋軸方向のひずみの関係を図-5に示す。A地点とC地点は、概ね同様の傾向を示しているが、B地点では、PC 鋼材による緊張応力が大きくなると、コンクリートの橋軸方向のひずみは他のケースと比較して大きくなっている。そのため、ひずみは、場所により異なり、それに応じた解放ひずみから有効プレストレスを算出することが可能となる。

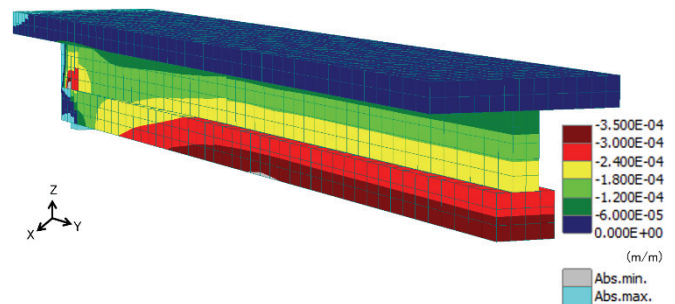


図-4 橋軸方向のひずみ分布

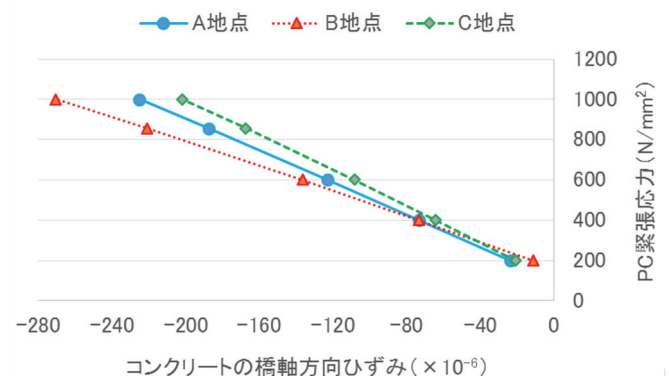


図-5 PC 緊張応力と PC 桁のひずみの関係

5. まとめ

- (1) PC 鋼材による PC 力は、PC 桁の支間中央付近の桁下縁側に効果的に導入されており、実験値と概ね一致した傾向を示した。
- (2) コンクリートの橋軸方向のひずみと PC 緊張応力による関係は概ね比例関係であることが確認できた。また、PC 力によるコンクリートの橋軸方向のひずみは、場所により異なり、コア削孔で得られた解放ひずみから有効プレストレスの算出が可能であることを示した。

謝辞

本研究を実施するにあたり、中日本高速道路(株)の青木圭一氏、中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株)の有馬直秀氏に PC 桁の情報提供をいただきました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 二井谷, 渡瀬ら:コンクリート部材の有効応力の推定手法に関する研究, コンクリート工学年次論文集, 第 20 巻第 20 号, pp.27-37, 2009
- 2) 有馬, 深田ら:塩害により撤去した PCT 桁の載荷試験と維持管理手法に関する検討, コンクリート工学年次論文集, vol.37, No.2, pp.1369-1374, 2015
- 3) 佐橋, 小林, 伊藤ら:コア削孔を用いた内部ひずみ測定手法の RC 部材への適用に関する検討, 土木学会第 70 回年次学術講演会講演概要集, pp.69-70, 2015